PART2 銀河系の天体の運動

目標 銀河系の各構造に属する天体の運動について説明できる。

Chapter1　銀河系の天体の運動

太陽系の天体が太陽のまわりを公転しているように，銀河系の天体も運動しています。ここでは，銀河系の天体の運動のようすについて学びましょう。

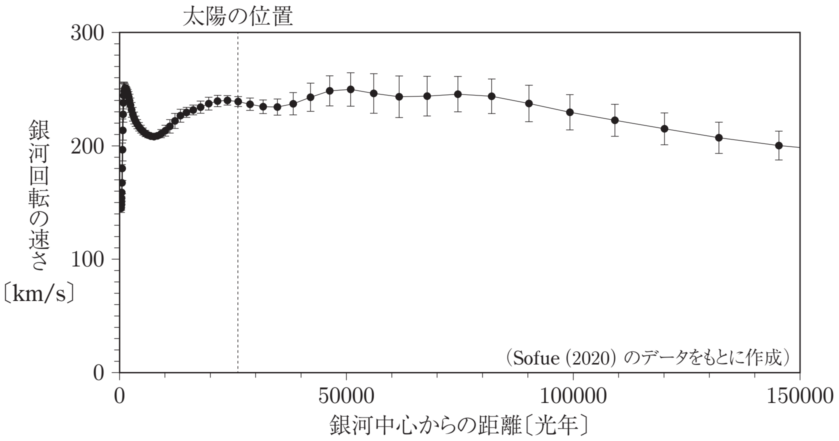
銀河回転

・**銀河回転とは**

銀河系の円盤部に多く分布する（種族Ⅰ ／ 種族Ⅱ）の恒星は，銀河中心を通る軸のまわりを星間物質とともに公転している。この運動を**銀河回転**という。

・**銀河系の回転曲線**

横軸に銀河中心からの距離，縦軸に銀河回転の速さを取ったグラフを銀河系の**回転曲線**という。



→半径約 5 万光年の円盤部だけでなく，その外側でも銀河回転の速さはあまり小さくならない。

・**銀河系の質量**

銀河中心から半径5万光年以内には，およそ（2000 / 2000万 / 2000億）太陽質量の物質が分布する。さらに外側の銀河回転の速さをもとにすると，銀河系の総質量はその（数倍 / 数千倍 / 数億倍）に達すると推定される。

この質量の違いは電磁波で観測される物質だけでは説明できない。そのため，銀河系には電磁波では観測されないが質量をもつ物質が存在すると考えられている。このような物質を**ダークマター**という。

銀河回転以外の運動

・**バルジ**

円盤部とくらべて，個々の天体の運動が乱雑である。

・**ハロー**

ハローに分布する（種族Ⅰ / 種族Ⅱ）の恒星や（散開星団 / 球状星団）の多くは，銀河面と（平行な / 垂直な / 斜交する）軌道を描いて運動している。

まとめ

- 円盤部の恒星や星間物質は銀河中心を通る軸のまわりを公転しており，この運動を＿＿＿＿＿という。
- 銀河系には電磁波で観測されないが質量をもつ物質が存在すると考えられており，このような物質を＿＿＿＿＿という。
- バルジは，円盤部とくらべて個々の天体の運動が乱雑である。
- ハローに分布する天体の多くは，銀河面と斜交する軌道を描いている。

Chapter2　演習問題

ここでは，銀河系内の天体の運動について確認しましょう。

問題(1)　銀河系における太陽の運動について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。

太陽が銀河中心のまわりを等速円運動しているものとして，その周期を求めよう。

太陽が銀河中心から 8000 パーセクの距離にあるとする。このとき，地球から銀河中心にある天体を見たときの年周視差は（ $\frac{1}{8000}$ 秒角 / $\frac{1}{8000}$ 度 / 8000 秒角 / 8000 度）である。このことから，太陽が銀河中心のまわりを 1 周するときの円周の長さは約（1.0×10^4 / 1.0×10^7 / 1.0×10^{10} / 1.0×10^{13} ）天文単位であることがわかる。

ここで，太陽の等速円運動の速さを 240km/s とする。1 天文単位を 1.5×10^8 km，1 年を 3.2×10^7 秒とすると，太陽の円運動の周期は約（200 万年 / 2000 万年 / 2 億年 / 20 億年 / 200 億年）であることがわかる。

復習

パーセク：
1 パーセクは，年周視差が 1 秒角となる距離です。

ここがPOINT

年周視差と距離の関係を考えるときは，天体，地球，太陽の位置関係を表す模式図を描いてみましょう。

問題⑵　銀河系の質量の分布について述べた次の文章中の空欄［　**ア**　］・［　**イ**　］に入る式を答えましょう。また，（　　）について，正しいものを選びましょう。

銀河中心を中心とした半径 a の球の内側にある物質の質量がすべて銀河中心に集まっていると考えることで，銀河中心からの距離が a の位置における銀河回転のようすをケプラーの第３法則によって表すことができる。

一般化したケプラーの第３法則より，銀河中心からの距離を a〔天文単位〕，銀河回転の周期を P〔年〕，銀河中心を中心とする半径 a の球の内側にある物質の質量を M〔太陽質量〕とすると

$$\frac{a^3}{P^2} = M \quad \cdots\cdots①$$

と表せる。

また，銀河回転の速さを v〔天文単位 / 年〕とすると，v は a と P を用いて

v ＝［　**ア**　］　……②

と表せる。

①式と②式より，M は a と v を用いて

M ＝［　**イ**　］　……③

と表せる。

すなわち，v が a によらず一定であるとき，M は（ a / a^2 / a^3 ）に（比例 / 反比例）するといえる。この質量分布は電磁波での観測結果と整合的でなく，銀河系には電磁波で観測されないが質量をもつ物質があると考えられる。このような物質をダークマターといい，その正体についての研究が進められている。

知っておこう

ダークマターの候補としては，質量が小さく核融合を開始できなかった天体である褐色矮星のほか，超新星爆発の後に残された中性子星やブラックホール，さらに未知の素粒子などが挙げられています。しかし，現在までのさまざまな間接的な観測や理論によると，これらの候補物質によって銀河系のダークマターの総質量を説明することができていません。ダークマターの正体は，まだ謎のままなのです。

第21講 PART2 確認問題

問1 次の文章を読み，下の問いに答えよ。

銀河回転は，銀河系の円盤部に分布する（ ア ）が銀河中心を通る軸のまわりを公転する現象である。回転曲線より，銀河中心から半径5万光年以内に約（ イ ）太陽質量の物質が分布することが確認されている。さらに外側の銀河回転の速さから，銀河系の総質量はその数倍に達すると推定されている。この質量の差異は a ダークマターの存在を示唆している。

また，銀河回転以外に，b バルジやハローに分布する天体も運動している。

(1) 空欄アに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ブラックホール　② 球状星団

③ 種族Ⅰの恒星　④ 種族Ⅱの恒星

(2) 空欄イに入る数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 2億　② 20億　③ 200億　④ 2000億

(3) 下線部aについて，ダークマターとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 大量の電離した水素ガス

② 電磁波では観測されないが質量をもつ物質

③ ほとんどが中性子でできている物質

④ 小さな固体微粒子と氷のかたまり

⑷　下線部ｂについて，バルジとハローに分布する天体の運動の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　バルジ：銀河面と斜交する軌道を描く運動
　　ハロー：円盤部と比較して乱雑に運動

②　バルジ：円盤部と比較して乱雑に運動
　　ハロー：銀河面と斜交する軌道を描く運動

③　バルジ：銀河面と平行な軌道を描く運動
　　ハロー：まわりを取り囲むような球形の軌道を描く運動

④　バルジ：まわりを取り囲むような球形の軌道を描く運動
　　ハロー：銀河面と平行な軌道を描く運動

第 21 講　銀河と宇宙

PART1　銀河系の構造

問題(1)　円盤部，バルジ，星間物質

問題(2)　球状星団，3 万光年，7.5 万光年

問題(3)　電波，電波や赤外線，X 線

PART2　銀河系の天体の運動

問題(1)　$\dfrac{1}{8000}$ 秒角，1.0×10^{10}，2 億年

問題(2)　ア：$\dfrac{2\pi a}{P}$　イ：$\dfrac{av^2}{4\pi^2}$

a，比例

PART3　さまざまな銀河

問題(1)　−22，クェーサー

問題(2)　棒渦巻き銀河，紫外線，赤外線，セイファート銀河

問題(3)　楕円銀河，電波銀河

PART4　宇宙の距離はしご

問題(1)　ア：500　イ：−4.5　ウ：400　エ：−7.5

問題(2)　【※図参照】

問題(3)　オ：10^7

問題(4)　カ：10^9

PART5　宇宙の階層構造

問題(1)　30′

ア：120

問題(2)　8 分 20 秒

イ：60000

問題(3)　①：A　②：B　③：D　④：F　⑤：H　⑥：I　⑦：J

PART6　ハッブル・ルメートルの法則

問題(1)　70，1Mpc

問題(2)　ア：vt_{H}　イ：$\dfrac{1}{H_0}$　ウ：1×10^{10}

問題(3)　$1 + z$

PART7　宇宙の誕生と進化

問題(1)　ア：0.06　イ：8　ウ：0.94

問題(2)　小さい，加速

問題(3)　70 ～ 60，減速，加速，ダークエネルギー

第 21 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
銀河回転は，銀河系の円盤部に多く分布する種族Ⅰの恒星が銀河中心を通る軸のまわりを公転する現象である。

(2)　④

解説：
銀河の回転曲線から，銀河系の質量が推定されている。

(3)　②

解説：
銀河回転の速さは，半径５万光年である円盤部より外側でもなだらかに保たれている。そのため，電磁波では発見されていない未知の物質があるものと考えられている。

(4)　②

解説：
バルジでは個々の天体が乱雑に運動している。ハローでは，種族Ⅱの恒星や球状星団が銀河面に斜交する軌道を描いて運動している。